جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست، زمستان ۱۳۹۵

صص ۷۱- ۵۷

DOI: 10.22067/geo.v5i4.57806

تعیین آغاز فصل تابستان در ایران بر اساس پرش ناگهانی شمال سوی جت جنب حاره بر روی خاورمیانه

جمیله قلی پور- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

سید حسین ثنائی نژاد[1]- دانشیار هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

عباس مفیدی- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

امین علیزاده- استاد هیدرولوژی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/٦ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۱٥

چکیده

در این پژوهش، ساختار گردش بزرگ‌مقیاس جو و رفتار تابستانه جت جنب حاره در منطقه خاورمیانه در بازه زمانی ١٦ آوریل (٢٧ فروردین) تا ١٥ جولای (٢٤ تیر) برای دوره ٣٠ ساله (١٩٨١–٢٠١٠) با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی روزانه مؤلفه باد مداری تراز ٢٠٠ هکتوپاسکال، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در هر سال، تغییر رفتار روزانه جت به‌صورت تصویری و عددی مورد پایش قرار گرفت. در بررسی رفتار روزانه جت، شدت‌جریان و میزان جابجایی عرضی هسته جت معیارهای اصلی جهت تشخیص تغییر الگوی گردش و آغاز فصل تابستان در نظر گرفته شد. پردازش داده‌ها بر اساس رفتار جت در دو آستانه زمانی، شامل زمان آغاز و زمان خاتمه پرش شمال سو صورت گرفت. یافته‌ها بیانگر آن است که در منطقه خاورمیانه تابستان واقعی- بر اساس حقایق مبتنی بر گردش کلی جو- با لحاظ نمودن دو آستانه زمانی آغاز و خاتمه پرش شمال سو به ترتیب حدود ٢١ روز و ١٧ روز زودتر از تاریخ نجومی (اول تیر ماه) آغاز می‌گردد. صحت تعیین زمان آغاز تابستان توسط آزمون کای اسکور مورد تأیید قرار گرفت. بررسی روند تغییرات، نشان دهنده روندی با شیب مثبت، برای زمان آغاز تابستان در منطقه است. یافته‌ها همچنین بیانگر آن است که آغاز فصل تابستان در ١٥ سال دوم مورد مطالعه، انحرافات و نابهنجاری‌های قابل ملاحظه‌ای در قیاس با ١٥ سال اول دارد. ادامه داشتن این روند باعث نزدیکی زمان آغاز اقلیمی تابستان به آغاز نجومی و از طرفی کوتاه شدن طول فصل تابستان خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: جت جنب حاره، زمان آغاز تابستان، گردش بزرگ‌مقیاس جو، مؤلفه باد مداری.

---

١ نویسنده مسئول: ٠٥١٣٨٧٦٣٦٥٢ Email: sanaei@um.ac.ir

۱. مقدمه

دوره زمانی مشخصی از یک سال، با توجه به مدت تابش خورشیدی و شرایط جوی حاصل از تغییرات زمانی و شدت تشعشع خورشید؛ یک فصل نامیده می‌شود (ذوالفقاری، ۹۱:۱۳۸٤) و یک فصل طبیعی نیز دوره زمانی مشخصی از سال تقویمی است که توسط یک سری از هواهای همگن و متجانس قابل تفکیک باشد (آلسوپ[1]، ۱۹۸۹: ۸۸۹). از گذشته‌های دور تعیین دقیق فصول در نقاط مختلف کره زمین یکی از دغدغه‌های انسان بوده است. شکل هندسی سیاره زمین، حرکات وضعی و انتقالی آن به همراه تنوع ویژگی‌های جغرافیایی این سیاره، پیچیدگی قابل ملاحظه‌ای را از جهت تعداد، زمان وقوع و طول مدت تداوم هر یک از فصول برای نقاط مختلف کره زمین در پی داشته است. احتمالاً بشر اولیه تغییر فصول را بر اساس مشاهده رشد گیاهان تعیین می‌کرده است اما آنچه در حال حاضر تحت عنوان تقویم رسمی در اختیار ماست نتیجه هزاران سال آزمون و خطا در یافتن نوعی توالی منظم در روزها، هفته‌ها و سال‌ها برای تعیین فصول طبیعی می‌باشد (جاگوس[2] و همکاران، ۱۱۲:۲۰۰۳). با توجه به اهمیت تعیین فصل برای فعالیت‌هایی نظیر کشاورزی، امروزه روش‌های مختلف و بر اساس پارامترهای متنوع برای تعیین فصول طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (علیجانی، ۲۲:۱۳۷٦). در حالت کلی تقسیم بندی و تعیین فصول به دو روش عمده صورت می‌گیرد:

روش نجومی یا تقویمی: روش تعیین فصل بر اساس حرکت ظاهری خورشید (ذوالفقاری و همکاران، ۵۵:۱۳۹۲) که در آن آغاز فصول در کسری از ثانیه اتفاق می‌افتد. در نگاه اولیه می‌توان فصول هر نقطه را بر اساس علم نجوم به‌طور دقیق تعریف نمود اما واقعیت آن است که تعیین واقعی فصول هر نقطه، اطلاعات بیشتر و کامل‌تر طلب می‌نماید. در بیشتر مناطق کره زمین و عرض‌های جنب حاره، فصول طبیعی دارای هماهنگی کامل با فصول نجومی نیستند و این ناهماهنگی هم از بابت تعیین لحظه وقوع و هم طول مدت وقوع هر فصل می‌باشد؛ بنابراین امروزه علاوه بر تعریف نجومی، تعاریف دیگری بر اساس معیارهای هوا و اقلیم‌شناسی موسوم به روش اقلیمی تعیین فصول، مورد نیاز است (ذوالفقاری و همکاران، ۵۵:۱۳۹۲).

روش اقلیمی: روش تعیین فصل به کمک متغیرهای اقلیمی در کنار حرکت ظاهری خورشید، بر این اساس استوار است که یک فصل، قسمتی متمایز از هر سال و بر اساس تکرار منظم یک پدیده آب و هوایی است (علیجانی، ۲۲:۱۳۷٦). در این روش، فصول طبیعی فواصل زمانی هستند که به‌طور طبیعی توسط انواع رژیم‌های هوایی متجانس مثل تغییرات دما، باد و یا تیپ گردش کلی جو که بیانگر واقعیت‌های اقلیمی هر محل می‌باشند، قابل تشخیص باشند

1 Alsop
2 Jaagus et al

و ممکن است هم در زمان و هم در مکان، با فصول نجومی هماهنگی کامل نداشته باشد (ذوالفقاری و همکاران، ۵۵:۱۳۹۲).

در طی دهه‌های گذشته پژوهشگران متعددی سعی نموده‌اند تا نقش جت جنب حاره را بر اقلیم مناطق مختلف کره زمین مورد ارزیابی قرار دهند. در یکی از نخستین پژوهش‌ها، ین در رابطه با موضوع جالب و بحث‌انگیزی چون «آغازگری» موسمی تابستانه بر روی هند، نظریه‌ای را مطرح نمود مبنی بر این که جابجایی ناگهانی و شمال سوی جت جنب حاره از جنوب رشته‌کوه هیمالیا به جانب شمالی آن در ابتدای ماه جون، استقرار گردش تابستانه و آغازگری موسمی هند را به دنبال دارد (ین[1]، ۳۹۳:۱۹٤۹). به دنبال آن، یافته‌های پژوهشگران چینی در رابطه با تعیین و تقسیم فصول طبیعی در جنوب و به‌ویژه شرق آسیا بر اساس وردایی فصلی جت جنب حاره (اعضای آکادمی علوم چین[2]، ٤۳۲:۱۹٥۷ و٥۸:۱۹٥۸؛ دائو و چن[3]، ۲۱٥:۱۹٥۷)، انگیزهٔ مطالعهٔ جت جنب حاره را در وردسپهر فوقانی بر روی مناطق مختلف آسیا توسط پژوهشگرانی چون کریشنامورتی[4] (۱۹٦۱) و کانگ و ژانگ[5] (۲۰۰٥) افزایش داد. به دنبال تحقیقات فوق، مطالعات متعدد و بی‌شماری نقش جت جنب حاره را بر خصوصیات اقلیمی مناطق جنوب-جنوب شرقی آسیا در فصل موسمی تابستانه مورد توجه قرار دادند و ارتباط وردایی‌های زمانی و مکانی جت جنب حاره را با آغازگری و شدت موسمی در جنوب آسیا (وبستر و یانگ[6]، ۸۸۷:۱۹۹۲؛ یانگ و همکاران[7]، ٤۲۱۳:۲۰۰٤)، توزیع زمانی- مکانی بارش در جنوب و شرق آسیا (یانگ و همکاران، ۳۰٦:۲۰۰۲؛ لو[8]، ۱٥٥:۲۰۰٤) و همچنین نقش جت در تغییر فصل (ساتکلیف و بانون[9]، ۳۱۷:۱۹٥٦؛ یه و همکاران[10]، ۲٤۹:۱۹٥۹) را مورد بررسی قرار دادند.

بر اساس مطالعات فوق، در طول دوره گرم سال دو پرش شمال سو و جنوب سو در محور جت جنب حاره در محدوده شرق آسیا به وقوع می‌پیوندد که تغییر ناگهانی فصل در ماه جون و ماه اکتبر توسط همین پرش شمال سو و جنوب سو در محور جت قابل شناسایی است (یه، ۲٥۰:۱۹٥۸). تائو و همکاران آغاز و خاتمه فصل می یو[11] (جون تا جولای) در شرق آسیا را مرتبط با دو پرش شمال سوی جت در سرتاسر آسیا دانسته‌اند (تائو و همکاران[12]،۱۱۹:۱۹٥۸). شنگ نیز با بیان رفتار منظم جت جنب حاره، تغییرات فصلی آن را به‌عنوان معیاری برای جدا

1 Yin
2 Staff Members
3 Dao and Chen
4 Krishnamurti
5 Kuang, and Zhang
6 Webster and Yang
7 Yang et al
8 Lu
9 Sutcliffe and Bannon
10 Yeh et al
11 Mei-yu: یک اصطلاح لغوی در زبان چینی است که افراد محلی آن را آغاز فصل تابستان می‌دانند
12 Tao et al

کردن فصول طبیعی معرفی و اقلیم کشور چین را با توجه به رفتار فصل‌به‌فصل این جت بررسی کرد (شنگ[1]، ۸۵:۱۹۸۶). کوتی و کی با معرفی یک شاخص گردش بزرگ‌مقیاس جو در اقیانوس هند، نشان دادند که تغییرات گردش جو عامل اصلی تغییرات اقلیم تابستانه در منطقه خاورمیانه است (کوتی و کی[2]، ۹۹:۱۹۹۲). ژانگ و همکاران در بررسی رفتار جت جنب حاره، سیر تکوین فصلی هسته جت در شرق آسیا را مورد بحث قرار دادند (ژانگ و همکاران[3]، ۱۱۷۰۸:۲۰۰۶). در منطقه خاورمیانه نیز، آغاز بارش‌های فراگیر زمستانه و شروع واقعی زمستان با جابجایی ناگهانی جنوب سوی هسته جت جنب حاره در محدوده شرق مدیترانه و دریای سرخ مرتبط دانسته شده است (واکر[4]، ۱۶۱:۱۹۶۷؛ قائمی، ۷۷:۱۳۴۹). همچنین از سوی برخی از محققان، مشخص‌ترین تغییر در الگوی گردش جو در منطقه خاورمیانه در زمان وقوع پدیده آل نینو، تقویت جت جنب حاره و جابجایی جنوب سوی آن در طول زمستان معرفی گردیده است (پرایس و همکاران[5]، ۳۹۶۳:۱۹۹۸؛ عزیزی و سفرراد، ۶۹:۱۳۹۱). مضاف بر این، مطالعات اولیه در رابطه با گردش بزرگ مقیاس جو در منطقهٔ آسیا بیانگر آن است که تغییر ناگهانی گردش فصلی در ماه جون در جنوب و غرب آسیا با جابجایی ناگهانی شمال سوی جت غربی بر فراز خاورمیانه در ابتدای ماه جون مرتبط است (دائو و چن، ۲۱۵:۱۹۵۷؛ یه و همکاران، ۲۴۹:۱۹۵۹). سوای آن، جابجایی ناگهانی شمال سوی هسته جت جنب حاره بر روی خاورمیانه به‌عنوان نشانه تغییر ساختار وردایست و تغییر فصل بر روی خاورمیانه در نظر گرفته می‌شود (ساتکلیف و بانون، ۳۱۷:۱۹۵۶). در این راستا، مفیدی و زرین در یک ارزیابی اولیه از رفتار جت جنب حاره بر روی خاورمیانه، با بهره‌گیری از داده‌های مؤلفه باد مداری برای یک دوره ۶۱ ساله (۲۰۰۸–۱۹۴۸)، وجود یک جابجایی ناگهانی شمال سو و جنوب سو را به ترتیب در آغاز و خاتمه فصل تابستان تأیید نموده‌اند. براساس شاخص طراحی شده در این مطالعه، فصل تابستان در جنوب غرب آسیا در ۳ جون آغاز و در ۱۵ اکتبر به پایان می‌رسد (مفیدی و زرین، ۱۵:۱۳۹۱). در پی چالش‌های اقلیمی اخیر، پژوهشگران بی شماری ساختار گردش جو تابستانه را در مناطق جنب حاره نیمکره شمالی مورد توجه قرار داده‌اند و نتایج این پژوهش‌ها موجب تغییر نگرش جهانی در رابطه با مؤلفه‌های اصلی گردش جو تابستانه در مناطق جنب حاره شده است (رادول و هاسکینز[6]، ۱۳۸۵:۱۹۹۶؛ لیوو و وو[7]، ۳۲۲:۲۰۰۴؛ مفیدی و زرین،۱۵:۱۳۹۱). علیرغم مطالعات انجام شده، ساختار و خصوصیات جت جنب حارهٔ تابستانه بر روی خاورمیانه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، با در نظر گرفتن تحقیقات گذشته، در مطالعه حاضر جابجایی ناگهانی شمال سوی جت جنب حاره و ارتباط آن با تغییر فصل و آغاز

---

1 Sheng
2 Kutie and Kay
3 Zhang et al
4 Walker
5 Price et al
6 Rodwell and Hoskins
7 Liu and Wu

فصل تابستان در ایران مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بدین ترتیب، هدف اصلی از انجام تحقیق، تعیین زمان آغاز فصل تابستان با توجه به رفتار جت جنب حاره و مشخص نمودن روند تغییرات سال به سال آغاز فصل تابستان بر اساس وردایی‌های زمانی– مکانی جت جنب حاره می‌باشد.

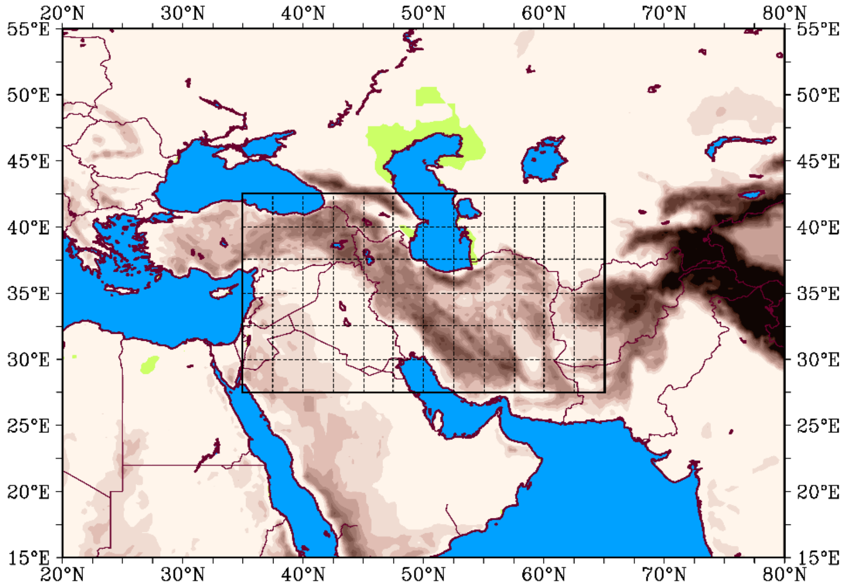
۲. مواد و روش‌ها

۲–۱. منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

در این مطالعه داده‌های بازتحلیل میانگین روزانه مؤلفه باد مداری مرکز ملی پیش‌بینی محیطی– مرکز ملی تحقیقات جوی (NCAR – NCEP[1]) ایالات‌متحده آمریکا برای یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰) مورد استفاده قرار گرفت. تفکیک افقی این داده‌ها $۲/۵^{\circ}\times۲/۵^{\circ}$ و تعداد ترازها در راستای قائم ۱۷ تراز می‌باشد. با توجه به اینکه در طول تابستان بیشینه شدت جت در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود (مفیدی، ۱۵:۱۳۸۶) به همین جهت تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال برای این مطالعه انتخاب و برای تعیین پرش جت جنب حاره نیز یک دوره ۹۱ روزه (۱٦ آوریل تا ۱۵ جولای) که محتمل‌ترین زمان وقوع آغاز فصل تابستان می‌باشد، برای هر یک از ۳۰ سال مورد مطالعه مد نظر قرار گرفت.

خاورمیانه محدوده بزرگی از جنوب غرب آسیا و شمال شرق آفریقا را شامل می‌شود اما کل منطقه برای این مطالعه لازم نیست. جهت بررسی دقیق‌تر و مناسب‌تر موقعیت جت جنب حاره نیاز است محدوده مورد مطالعه در خاورمیانه به‌طور دقیقتری تعیین شود تا جزئیات پژوهش بهتر نمایان شود و دقت کار بالا رود. از آنجا که ۳۰ سال داده و برای هر سال آن، ۹۱ روز مد نظر است؛ امکان مطالعه تک تک روزهای این تحقیق جهت تعیین موقعیت دقیق تحت بررسی در خاورمیانه امکان پذیر نبود، به همین دلیل به روش نمونه گیری تصادفی ساده (جدول اعداد تصادفی) تعداد ۳ سال از میان این ۳۰ سال، جهت تعیین محدوده اصلی مطالعه جت انتخاب گردید که شامل سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۰ می‌گردد. سپس برای هر یک از سه سال یادشده و برای ۹۱ روز مورد مطالعه آن سال، در منطقه‌ای بزرگ‌تر از خاورمیانه ابتدا موقعیت روز به روز جت جنب حاره تصویر شد (۳×۹۱= ۲۷۳ تصویر). از بررسی یادشده موقعیت اصلی و محدوده ترجیحی جت جنب حاره در زمان آغاز فصل تابستان استخراج شد که حاصل آن منطقه 27.5°N-42.5°N و 35°E-65°E برای مطالعه رفتار جت جنب حاره می‌باشد. مشخصات منطقه مورد مطالعه در شکل۱ ارائه گردیده است.

1 National Centers for Environment Prediction- National Center for Atmospheric research (NCEP-NCAR)



شکل۱- محدوده جغرافیایی بزرگ‌تر و محدوده جغرافیایی نهاییِ مورد مطالعه، همراه با مشخصات شبکه‌ها در راستای طول و عرض جغرافیایی.

۲-۲. تعیین آغاز فصل تابستان با توجه به رفتار جت جنب حاره

مطالعات قبلی این مساله را روشن کرده که پرش‌های ناگهانی جت جنب حاره در آسیا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های گردش جو برای تغییر فصل در این منطقه از جهان است (ین[1]، ۳۹۳:۱۹٤۹؛ یه و ژوو[2]، ۷۱:۱۹۵۵؛ تائو و همکاران[3]، ۱۱۹:۱۹۵۸). در قدم اول ۳۰ اسکریپت مجزا و خروجی‌های تصویری برای ۹۱ روز مورد مطالعه هر کدام از این ۳۰ سال تهیه شد. با مشاهده این ۳۰ تصویر می‌توان به‌صورت بصری مشخص کرد که در هر سال پرش جت جنب حاره در چه زمانی اتفاق افتاده و متعاقباً آغاز تابستان را در هر سال مشخص کرد؛ اما از آنجا که خروجی‌ها تصویری هستند و عدد و رقمی نشان نمی‌دهند تجربه بیننده، گاه در برخی سال‌ها می‌توانند نتایج متفاوتی را در پی داشته باشد، به همین دلیل تدابیری اندیشیده شد که علاوه بر خروجی‌های تصویری داده‌هایی نیز به صورت عدد و رقم برای تأیید و نتیجه‌گیری بهتر و دقیق‌تر تهیه شود.

ملاک تعیین پرش جت جنب حاره این است که هر ساله در حین پیشروی دوره گرم سال، هسته جت به یکباره جهش ناگهانی شمال سویی به میزان۳ تا ۵ درجه عرض جغرافیایی را تنها طی چند روز تجربه می‌کند و در موقعیت تابستانه خود قرار می‌گیرد (مفیدی و زرین، ۱۵:۱۳۹۱) و پس از این تغییر برجسته در عرض جغرافیایی-که در مدت

1 Yin
2 Yeh and Zhu
3 Tao et al

کوتاهی اتفاق می‌افتد- دیگر به عرض‌های پایین قبل از پرش برنگشته و حوالی همان عرض‌های بالا استقرار مـی‌یابـد. در قدم بعد یک سری توابع زمین آماری تعریف شد که با معرفی مختصات طول و عرض جغرافیـایی و بـا توجـه بـه شبکه‌ای بودن داده‌ها، با تعریف این توابع در اسکریپت‌های مجزا برای ۳۰ سال مورد مطالعه، مـی‌تـوان یـک خروجـی متنی از منطقه مـورد مطالعـه دریافـت کـرد (قویـدل رحیمـی، ۱۱۲:۱۳۹۱؛ مسـعودیان و همکـاران، ۱۰۸:۱۳۹۱). ایـن خروجی‌ها با نمایش یک سری اعداد به ما می‌گوید بیشینه سرعت مداری چقدر و در چـه طـول و چـه عرضـی قـرار دارد که با کدشکافی اعداد این خروجی‌ها اطلاعات ارزشمندی حاصل می‌شود. این توابع به شرح زیر هستند:

۱-تابع amax: معرفی این تابع در هر اسکریپ و نیز معرفی طول و عرض مورد نظر، میزان بیشـینه سـرعت را بـه صورت یک عدد برای آن مختصات، نشان می‌دهد. این خروجی‌های عـددی بـرای ۹۱ روز موجـود در هـر ۳۰ سـال استخراج شد.

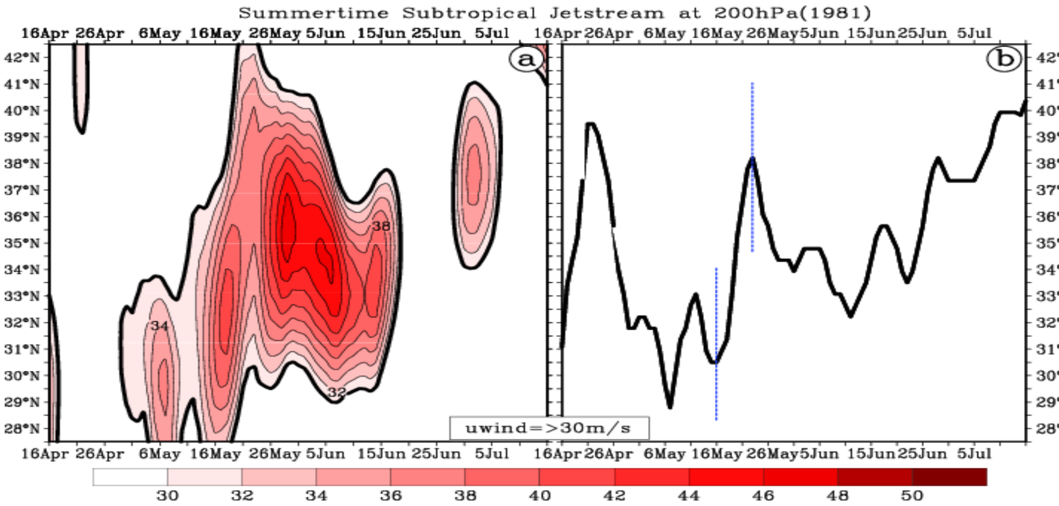
amax(u1,lon=35,lon=65,lat=27.5,lat=42.5)

۲-تابع amaxlocY: با معرفی این تابع، محل مختصات مربـوط بـه محـور Y یعنـی عـرض جغرافیـایی مشـخص می‌شود. اعداد خروجی این تابع را باید به مختصات عرض جغرافیایی برگردانیم.

amaxlocY(u1,lon=35,lon=65,lat=27.5,lat=42.5)

بنـابراین بـرای هـر سـال در۹۱ روز مـورد مطالعـه ۱۸۲ عـدد (۱۸۲=۹۱×۲) و بـرای کـل ۳۰ سـال ۵٤٦۰ عـدد (۵٤٦۰=۱۸۲×۳۰) خواهیم داشت که باید به مختصات مورد نظر تبدیل شود. اشـکال دیگـری بـا ایـن خروجـی‌هـای عددی تولید شد که با کنار هم قرار دادن این شکل‌ها و خروجی‌های تصویری می‌توان به‌طور بسـیار دقیقـی بـرای هـر سال زمان پرش جت جنب حاره را مشخص کرد. نمونه‌ای از نتـایج خروجـی تصـویری حاصـل از گـردش (نمـودار هاومولر [1]) در قسمت a و نموداری حاصل از خروجی‌های عددی در قسـمت b، بـرای سـال ۱۹۸۲ در شـکل۲ نشـان داده شده است. همانطور که در خروجی‌های این سال مشاهده می‌شود، تابستان در تاریخ ۲۹ ماه می آغاز شـده اسـت. در این سال در ۲۹ ام ماه می محور جت جنب حاره در عرض جغرافیایی ۳۱/۵ درجه شمالی واقع شده و طـی مـدت زمان ۱۱ روز، در ۸ ام ماه جون به یکباره به حوالی عرض ٤۱/۵ درجـه شـمالی، پرشـی شـمال سـو را تجربـه نمـوده است؛ بنابراین ۲۹ می تا ۸ جون آغاز تابستان در سال ۱۹۸۲ بوده است.

1 Hovmoller diagram



شکل ۲- خروجی‌های تصویری (a) و عددی (b) جهت شناسایی پرش جت جنب حاره و آغاز تابستان (نمونه سال ۱۹۸۱) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال. a: خروجی تصویری (نمودار هاومولر) از مؤلفه باد مداری، محور افقی زمان (١٦ آوریل تا ۱۵ جولای) و محور عمودی تغییرات عرض جغرافیایی را نشان می‌دهد. خطوط ممتد، خطوط هم بزرگی سرعت، مؤلفه مداری باد و به فواصل۲ (متر بر ثانیه) هستند. مقادیر سرعت بیشتر از ۳۰ متر بر ثانیه که معرف وجود جت هستند در شکل به صورت رنگ‌های قرمز نمایش داده شده است. b: خروجی عددی حاصل از تابع amaxlocY، خطوط مشکی بیانگر تغییرات محور و خط چین‌های عمود آبی، نشان دهنده لحظه آغاز و خاتمه پرش تابستانه جت جنب حاره می‌باشد.

همچنین تأیید نتایج، با استفاده از آزمون آماری ناپارامتری کای اسکور، نشان می‌دهد آیا بر اثر شانس هر یک از ۳۰ سال مورد مطالعه تابستان بر تاریخ نجومی انطباق نداشته و یا اینکه حقیقتاً عاملی-تحت عنوان پرش ناگهانی تابستانه جت جنب حاره- در منطقه وجود داشته که بر آغاز تابستان تأثیر گذاشته است.

در این آزمون N داده آماری را در C گروه طبقه بندی می‌کنیم. فراوانی مشاهده شده برای هر طبقه به ترتیب برابر o1,o2,…,oc است، هم چنین بر مبنای اصول نظری یا بعضی از فرضیات از جمله فرض صفر، فراوانی مورد انتظار در هریک از طبقه‌ها به ترتیب e1,e2,…,ec می‌باشد. طبق این آزمون چنانچه انحراف هر فراوانی مشاهده شده از فراوانی مورد انتظار به توان دو رسیده و به فراوانی مورد انتظار تقسیم شود و مجموع این عبارات برای تمام فراوانی‌ها بدست آید، توزیع کای اسکور است:

$$k^2 = \sum_{i=1}^{c}(o_i - e_i)^2 / e_i$$

oi روز ژولیوسی برای آغاز تابستان در هر سال، ei روز ژولیوسی مورد انتظار برای آغاز تابستان در هرسال یعنی همان تاریخ نجومی، c تعداد سال‌های مورد مطالعه و k^2 آماره آزمون کای اسکور می‌باشد. برای استفاده از این آزمون ابتدا فرض صفر و فرض یک را تعریف کرده و به محاسبه آماره آزمون می‌پردازیم. در قدم بعد با استفاده از جدول

کای اسکور نتیجه می‌گیریم که مقدار این آماره با توجه به سطح معناداری مورد نظر (α) و درجه آزادی (df) کـه برابـر با تعداد کلاس‌های مورد آزمون منهای یک، معنی دار است یا خیر.

۳. نتایج و بحث

پس از تهیه خروجی‌های تصویری و عددی برای هر یک از ۳۰ سال مورد مطالعه، داده‌هـای نهـایی زمـان آغـاز و خاتمه پرش در جدول۱ گرد آوری شد و روزهای آغاز و خاتمه پـرش شـمال سـوی جـت بـرای هـر سـال بـه روز ژولیوسی تبدیل شد و به کمک دو روش، آغاز فصل تابستان در محدوده مورد مطالعه تعیین شد:

الف- آغاز فصل تابستان بر اساس زمان آغاز پرش شمال سوی جت

در این روش، تنها زمان‌های آغاز پرش تابستانه جت جنب حاره بـرای هریـک از ۳۰ سـال مـورد مطالعـه بـه روز ژولیوسی تبدیل شده و سپس میانگین گیری شد و در نهایت تاریخ ۱ جون (۳ هفته زودتـر از تـاریخ نجـومی)، بـرای آغاز تابستان در محدوده مورد مطالعه تعیین گردید (جدول ۱).

ب- آغاز فصل تابستان بر اساس زمان خاتمه پرش شمال سوی جت

در این روش علاوه بر تعیین زمان آغاز، زمان خاتمه پرش نیز بـرای هـر سـال ژولیوسـی شـده و سـپس میـانگین گیری صورت گرفت. این روش از دقت بیشتری برخوردار است زیرا علاوه بر تـاریخ آغـاز، تـاریخ خاتمـه را نیـز در نظر می‌گیرد. بر اساس این روش بازه زمانی ۱ جون تا ۹ جون محتمل‌ترین بازه زمـانی بـرای آغـاز فصـل تابسـتان بـا توجه به رفتار جت جنب حاره است که میانه این بازه زمانی یعنـی تـاریخ ۵ جـون (حـدود ۱۷ روز زودتـر از تـاریخ نجومی) آغاز فصل تابستان در محدوده مورد مطالعه تعیین گردید.

جدول ۱- تغییرات سال به سال آغاز فصل تابستان بر اساس زمان آغاز پرش و نیز زمان خاتمه پرش شمال سو

سال	آغاز پرش	روز ژولیوسی آغاز پرش	خاتمه پرش	روز ژولیوسی خاتمه پرش	طول مدت پرش
1981	16-May	136	23-May	143	8
1982	29-May	149	08-Jun	159	11
1983	26-May	146	29-May	149	4
1984(کبیسه)	21-May	142	31-May	152	11
1985	25-May	145	05-Jun	156	12
1986	05-Jun	156	16-Jun	167	12
1987	27-May	147	05-Jun	156	10
1988(کبیسه)	06-Jun	158	12-Jun	164	7
1989	10-Jun	161	15-Jun	166	6
1990	01-Jun	152	10-Jun	161	10
1991	25-May	145	01-Jun	152	8
1992(کبیسه)	06-Jun	158	11-Jun	163	6
1993	05-Jun	156	10-Jun	161	6

ادامه جدول ۱

سال	آغاز پرش	روز ژولیوسی آغاز پرش	خاتمه پرش	روز ژولیوسی خاتمه پرش	طول مدت پرش
1994	31-May	151	12-Jun	163	13
1995	03-Jun	154	08-Jun	159	6
1996(کبیسه)	29-May	150	04-Jun	156	7
1997	09-Jun	160	17-Jun	168	9
1998	22-Jun	173	27-Jun	178	6
1999	25-May	145	31-May	151	7
2000(کبیسه)	17-May	137	22-May	143	6
2001	25-May	145	02-Jun	153	9
2002	10-Jun	161	17-Jun	168	8
2003	26-May	146	05-Jun	156	11
2004(کبیسه)	29-May	150	08-Jun	160	11
2005	25-May	145	04-Jun	155	11
2006	02-Jun	153	12-Jun	163	11
2007	31-May	151	12-Jun	163	13
2008(کبیسه)	26-May	147	03-Jun	155	9
2009	25-Jun	176	30-Jun	181	6
2010	19-Jun	170	29-Jun	179	11
میانگین	01-Jun	152.17	09-Jun	160	9
آغاز تابستان: زمان آغاز پرش	**01-Jun**				
آغاز تابستان: زمان خاتمه پرش	**05-Jun**				

۱-۳. صحت سنجی یافته‌های تحقیق با استفاده از آزمون کای اسکور

فرض صفر (H_0): آغاز تابستان در منطقه خاورمیانه منطبق بر تاریخ نجومی آن (اول تیر ماه) باشد.

فرض چاره (H_1): آغاز تابستان در منطقه خاورمیانه منطبق بر زمان نجومی آن نبوده و از عواملی دیگر از جمله پارامترهای بزرگ‌مقیاس گردش جو و رفتار جت جنب حاره تأثیر می‌پذیرد.

جدول۲- آغاز تابستان و آماره آزمون کای اسکور برای سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۰

سال	روز آغاز پرش بر مبنای روز ژولیوسی (Oi)	امید ریاضی روز ژولیوسی برای وقوع پرش (آغاز تابستان نجومی یا ۱ تیر (Ei))	Oi-Ei	k^2
1981	136	173	-37	7.913294798
1982	149	173	-24	3.329479769
1983	146	173	-27	4.213872832
1984(کبیسه)	142	174	-32	5.885057471
1985	145	173	-28	4.531791908
1986	156	173	-17	1.670520231
1987	147	173	-26	3.907514451
1988(کبیسه)	158	174	-16	1.471264368
1989	161	173	-12	0.832369942
1990	152	173	-21	2.549132948

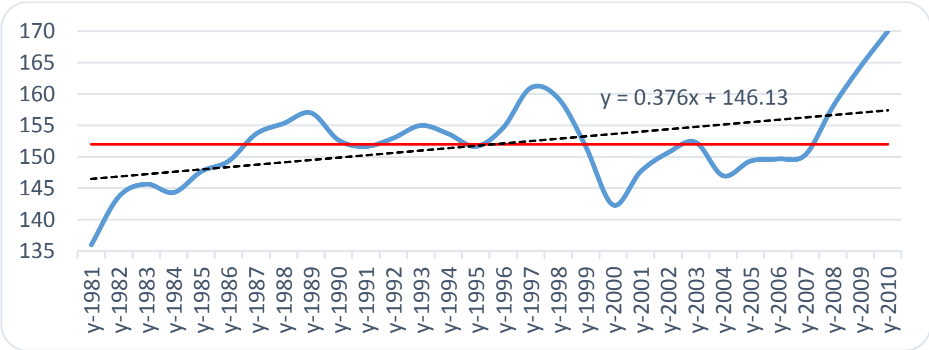
ادامه جدول ۲

سال	روز آغاز پرش بر مبنای روز ژولیوسی (Oi)	امید ریاضی روز ژولیوسی برای وقوع پرش (آغاز تابستان نجومی یا ۱ تیر (Ei))	Oi-Ei	k^2
1991	145	173	-28	4.531791908
1992(کبیسه)	158	174	-16	1.471264368
1993	156	173	-17	1.670520231
1994	151	173	-22	2.797687861
1995	154	173	-19	2.086705202
1996(کبیسه)	150	174	-24	3.310344828
1997	160	173	-13	0.976878613
1998	173	173	0	0
1999	145	173	-28	4.531791908
2000(کبیسه)	137	174	-37	7.867816092
2001	145	173	-28	4.531791908
2002	161	173	-12	0.832369942
2003	146	173	-27	4.213872832
2004(کبیسه)	150	174	-24	3.310344828
2005	145	173	-28	4.531791908
2006	153	173	-20	2.312138728
2007	151	173	-22	2.797687861
2008(کبیسه)	147	174	-27	4.189655172
2009	176	173	3	0.052023121
2010	170	173	-3	0.052023121
نتیجه				92.37279915

مقدار آماره آزمون با استفاده از رابطه (۱)، برابر با ۹۲/۳۷ می‌شود. برای پیدا کردن عدد مبنا در جدول کای اسکور، با توجه به سطح معنی داری (α=۵٪) و درجه آزادی (۲۹=۱−۳۰), عدد مربوط به کای اسکور را از جدول آن قرائت می‌کنیم که برابر با ٤٢/٥٦ می‌باشد. از آنجا که مقدار کای مربع محاسبه شده از کای مربع جدول بزرگتر شد (۹۲/۳۷>٤٢/٥٦)، فرض صفر که آغاز تابستان در منطقه مورد نظر را منطبق بر تاریخ نجومی آن می‌دانست رد شده و فرض چاره که تأثیر عامل جت جنب حاره بر آغاز تابستان را بیان می‌کرد پذیرفته می‌شود؛ یعنی اتفاقی نبوده که در ۳۰ سال مورد مطالعه تابستان بر تاریخ نجومی منطبق نیست بلکه واقعاً عامل پرش تابستانه جت جنب حاره در وقوع این تاریخ مؤثر است.

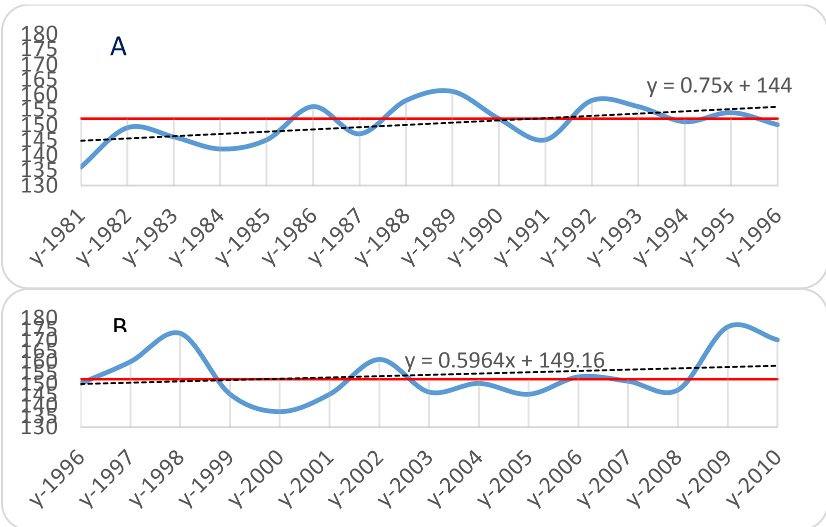
۲-۳. وردایی‌های زمانی - مکانی تابستانه جت جنب حاره

اگر روزهایی که برای شروع پرش تابستانه جت تعیین شد در کنار روز میانگین رسم کنیم شکل ۳ حاصل می‌شود:



شکل ۳- وردایی‌های سال به سال زمان آغاز تابستان و روند تغییرات آن. محور افقی سال و عمودی روز ژولیوسی آغاز واقعی تابستان به روش زمان آغاز پرش، می‌باشد. خطوط به رنگ آبی معرف روزهای آغاز واقعی و خط ممتد قرمز معرف میانگین بلند مدت ۳۰ ساله برای آغاز واقعی تابستان (روز۱۵۲ ام یعنی ۱ جون) با توجه به آغاز پرش جت می‌باشد. خط چین مشکی معرف روند مشاهده شده در تاریخ آغاز تابستان می‌باشد.

با توجه به شکل۳ مشاهده می‌شود از سال ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۶ آغاز تابستان از تاریخ‌های منظم‌تری نسبت به ۱۹۹۶ تا۲۰۱۰ برخوردار است. با رسم خط روند داده‌ها مشاهده می‌شود که داده‌ها دارای روندی با شیب مثبت هستند به این معنی که در ۱۵ سال دوم، عاملی روند منظم آغاز اقلیمی تابستان را متأثر ساخته که تأثیر این عامل در ۱۵ سال اول خیلی مشهود نبوده است. این بدان معنی است که در ۱۵ سال دوم، رفتار جت جنب حاره تحت تأثیر قرار گرفته و باعث به وجود آمدن تأخیر در آغاز تابستان شده یعنی تابستان را به تاریخ نجومی نزدیک‌تر ساخته است. چنانچه سال‌های مورد مطالعه را برای نتیجه‌گیری بهتر در نمودارهای زیر دو قسمت سازیم:



شکل ٤- روند مشاهده شده برای آغاز تابستان در دوره زمانی ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۶(A) و ۱۹۹۶ تا۲۰۱۰(B)

در نیمه اول دوره مورد مطالعه، داده‌ها روندی منظم‌تر نسبت به نیمه دوم دارند. به عبارتی گرم شدن کره زمین و تغییر اقلیم بر رفتار جت جنب حاره تأثیرگذار و موجب روندی در سری داده‌ها شده است و علاوه بر نامنظم‌تر شدن تاریخ آغاز واقعی تابستان، روندی با شیب مثبت در داده‌ها ایجاد کرده که باعث میل تاریخ آغاز از ١ ام ماه جون به زمان‌هایی بعد از این روز شده است، بطوری که در پایان دوره مطالعه زمان آغاز تابستان بر اساس معادله خط روند، به روز ١٥٧ ام (٦ جون) رسیده است.

٤. نتیجه‌گیری

زمان آغاز فصل تابستان بر اساس مؤلفه مداری باد در تراز ٢٠٠ هکتوپاسکال با لحاظ نمودن آستانه‌های زمانی آغاز پرش و زمان خاتمه پرش تابستانه جت جنب حاره برای سال‌های ٢٠١٠–١٩٨١ تعیین گردید. نتایج نشان داد که میانگین اقلیمی آغاز فصل تابستان بر تاریخ نجومی آن (٢٢ جون) انطباق ندارد واز حدود ٢١ روز زودتر یعنی ١ جون (بر اساس آستانه زمانی آغاز پرش) تا ١٧ روز زودتر یعنی ٥ جون (بر اساس آستانه زمانی خاتمه پرش) در منطقه خاورمیانه به وقوع می‌پیوندد. محاسبه آماره آزمون کای اسکور نشان داد این تاریخ آغاز، تصادفی نبوده بلکه حقیقتاً گردش بزرگ‌مقیاس جو درمنطقه به گونه‌ای حکومت دارد که باعث آغاز زودتر تابستان از تاریخ نجومی آن در منطقه فوق می‌شود. همچنین ترسیم سری زمانی تاریخ‌های آغاز تابستان نشان دهنده روندی مثبت در سری داده‌ها است که این روند در نیمه دوم دوره مورد مطالعه (١٩٩٦–٢٠١٠) بیشتر بوده و بی نظمی‌های بیشتری نسبت به دوره اول (١٩٨١–١٩٩٦) دارد، به عبارتی گرم شدن جهانی کره زمین و تغییرات آب و هوایی؛ عامل ایجاد بی نظمی در گردش کلی جو و متعاقباً رفتار جت جنب حاره شده و باعث شده تابستان واقعی به سمت دیرتر آغاز شدن، سوق داده شود. این به تأخیر افتادن زمان آغاز باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره فصل تابستان خواهد شد.

در پایان باید خاطر نشان کرد که پژوهش حاضر بر اساس مطالعه یک دوره ٣٠ ساله تهیه شده که روند گرم شدن جهانی کره زمین که در سال‌های اخیر سرعت گرفته، در نیمه دوم آن که در این سال‌ها واقع شده مشهودتر است و برای یافتن نتایج دقیق‌تر و مطالعات جامع‌تر مطالعه سال‌های پس از ٢٠١٠ در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد.

کتابنامه

ذوالفقاری، حسن؛ ١٣٨٤. بررسی فصول طبیعی در استان کرمانشاه. مجله تحقیقات جغرافیایی. شماره٧٦، صص ٩٠–١٠٦.

ذوالفقاری، حسن؛ معصوم پور سماکوش، جعفر؛ جلیلیان، آذر؛ فتح نیا، امان الله؛ ١٣٩٢. تعیین الگوهای سینوپتیک و توده‌های مؤثر بر فصول اقلیمی غرب ایران. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. صص٥٣–٧٠.

عزیزی، قاسم؛ سفرراد، طاهر؛ ١٣٩١. تحلیل ویژگی‌های رودباد طی فازهای ENSO مطالعه موردی سال‌های ١٩٩٧، ٢٠٠٨ و ٢٠١٠. مجله پژوهش‌های اقلیم شناسی. سال سوم، شماره٩، ٨٢–٦٩.

علیجانی، بهلول؛ ۱۳۷٦. تعیین فصول طبیعی در ایران. مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره۳۵، صص ۲۱-۳۳.

قائمی، هوشنگ؛ ۱۳٤۹. بادهای شدید سطوح فوقانی در منطقه خاورمیانه. نشریه نیوار. شماره فروردین ماه۱۳٤۹، صص۸۲-۷۷.

قویدل رحیمی، یوسف؛ ۱۳۹۱. نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم افزارGrADS. تهران: موسسه انتشارات سها دانش، ۲۰۸ ص.

مسعودیان، سید ابوالفضل؛ عساکره، حسین؛ محمدی، بختیار؛ حلبیان، امیرحسین؛ ۱۳۹۱. پردازش داده‌های جوی. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۸٤ ص.

مفیدی، عباس؛ ۱۳۸٦. تحلیل گردش جو تابستانه بر روی جنوب غرب آسیا و ارتباط آن با وقوع بارش‌های تابستانه در فلات ایران. رساله دکتری جغرافیای طبیعی (اساتید راهنما: دکتر بهلول علیجانی-دکتر زین العابدین جعفرپور)- گرایش اقلیم شناسی، گروه جغرافیای دانشگاه خوارزمی، ۱٦۵ ص.

مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ ۱۳۸۵. تحلیلی بر ماهیت و ساختار مراکز پرفشار و کم فشار. نشریه رشد آموزش زمین شناسی. شماره٤۷، صص ۵٤-۵۸.

مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ ۱۳۹۱. بررسی ماهیت، ساختار و وردایی‌های زمانی گردش بزرگ‌مقیاس جو تابستانه بر روی جنوب غرب آسیا. نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی. شماره ۱۱، صص ۱۵-٤۰.

Alsop, T. (1989). The natural seasonal of western Oregon and washington. *Journal of climate*, 2, 888-896.

Dao, S.Y. and Chen, L.S. 1957. The Structure of general circulation over continent of Asia in summer, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 35: 215-229.

Jaagus, J. Jruu, J. Ahas, R. and Aasa, A. (2003). Spatial and temporal variability of climatic seasons on the east European plains in relation to large scale atmospheric circulation. *Climatic research, 23*, 111-129.

Krishnamurti, T.N., 1961, The Subtropical Jet stream of Winter, *Journal of Meteorology, 18(2):*172-191.

Kuang, X. Zhang, Y. (2005). Seasonal variation of the East Asian Subtropical Westerly Jet and its Association with the heating field over East Asia. *Advances in atmospheric sciences, 22(6),* 831-840.

Kutie, H. and Kay, P.A. (1992). Recent Variations in 700hpa Geopotential Heights in Summer over Europe and the Middle East, and their influence on other Meteorological factors. *Springer verlag, 46,* 99-108.

Liu, Y. and Wu, G. (2004). Progress in the study on the formation of the Summertime Subtropical Anticyclone. *Advances in Atmospheric Sciences, 21(3)*, 322-342.

Lu, R. 2004, Associations among the Components of the East Asian Summer Monsoon System in the Meridional Direction, *Journal of the Meteorological Society of Japan, 82(1):* 155-165.

Price C., Stone, L., Huppert, A., Rajagopalan, B., and Alpert, P., 1998, A possible link between El Niño and precipitation in Israel, *Geophys. Res. Lett., 25(21),* 3963-3966.

Rodwell, M.J. and Hoskins, B. (1996). Monsoons and the dynamics of Deserts. Royal Meteorological Society, 122, 1385-1404.

Sheng, C.Y. (1986). An Introduction to the climate of China (in Chinese). Sci Press Beijing, 85-89.

Staff Members, 1957, On the General Circulation over Eastern Asia, *PartI, Tellus, 9(4)*: 432-446.

Staff Members, 1958, On the General Circulation over Eastern Asia, *PartII, Tellus, 10(1)*: 58-75.

Sutcliffe, R.C., and Bannon, J.K., 1956, Seasonal changes in upper air conditions in the Mediterranean-Middle East area, Scientific Proceeding of the international Association of Meteorology, Rome, September 1954: 317-334.

Tao, S. and Zhao, Y. and Chen, X. (1958). The association between Mei-yu in East Asia and seasonal variation of the general circulation of atmosphere over Asia. *Acta Meteorologica Sinica (inChinese), 29(2),* 119-134.

Walker, M.J., 1967, Some Ideas on winter atmospheric processes over South–East Asia, *Meteorological Magazine, 96(1139)*:161-167.

Webster, P.J. and Yang, S. 1992, Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 118*: 877-926.

Yang, S. Lau, K.M. Kim, K.M. (2002). Variations of the East Asian jet stream and Asian-Pacific-American winter climate anomalies. *J. Clim, 15*, 306-325.

Yang, S., Lau, K-M., Yoo, S-H., Kinter, J.L., Miyakoda, K., and Ho, C-H., 2004, Upstream Subtropical signals preceding the Asian Summer Monsoon Circulation, *Journal of Climate, 17:* 4213-4229.

Yeh, D.Z. and Zhu, B.Z. (1955). The onset of the transitional seasons in the Far East from the viewpoint of the general circulation (in Chinese). *Acta Meteorol. Sin., 26*, 71-87.

Yeh, D.Z. and Tao, S.Y. and Li, M.C. (1958). The abrupt change of circulation over Northern Hemisphere during June and October (in Chinese). *Acta Meteorol Sin, 29(4),* 250-263.

Yeh, T.C., Dao, S-Y., Li, M-T., 1959, The abrupt change of circulation over the northern hemisphere during June and October, In: The Atmosphere and the Sea in motion, Edited by B. Bolin, Rockefeller Institute Press, 249-267.

Yin, M. (1949). A synopticaerological study of the onset of the summer monsoon over India and Burma. *Acta Meteorol., 6*, 393-400

Zhang, Y. Kuang, X. Guo, W. and Zhou, T. (2006). Seasonal evolution of the upper tropospheric Westerly jet core over East Asia. *Geophysical Research Letters, 33*, L11708.